

35.G2735



PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

#7  
Priority  
Paper  
5-14-01  
D. S. M. is. W. G. N.

In re Application of: )  
: Examiner: UNASSIGNED  
KAZUHIRO TAKAHASHI, ET AL. )  
: Group Art Unit: 2851  
Application No.: 09/749,926 )  
: Filed: December 29, 2000 )  
: For: EXPOSURE APPARATUS ) April 23, 2001

Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

CLAIM FOR PRIORITY

Sir:

Applicants hereby claim priority under the International Convention and all rights to which they are entitled under 35 U.S.C. § 119 based upon the following Japanese Priority Application:

2000-006489, filed January 14, 2000.

A certified copy of the priority document is enclosed.

Applicants' undersigned attorney may be reached in  
our Washington, D.C. office by telephone at (202) 530-1010.  
All correspondence should continue to be directed to our  
below listed address.

Respectfully submitted,

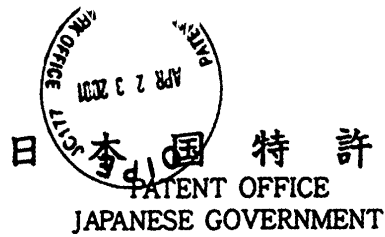


Attorney for Applicants

Registration No. 33,326

FITZPATRICK, CELLA, HARPER & SCINTO  
30 Rockefeller Plaza  
New York, New York 10112-3801  
Facsimile: (212) 218-2200

SEW\ayr



Appin No. 09/749,926  
FOR EXPOSURE APPARATUS  
Kazuhiko TAJIMA HASEGAWA, et al  
Filed 12-29-2000

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

- This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application:

2000年 1月14日

出願番号  
Application Number:

特願2000-006489

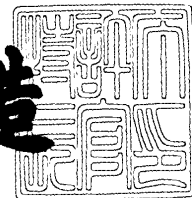
出願人  
Applicant (s):

キヤノン株式会社

2001年 2月 2日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3003530

【書類名】 特許願

【整理番号】 3904068

【提出日】 平成12年 1月14日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/30

【発明の名称】 露光装置及びそれを用いたデバイスの製造方法

【請求項の数】 6

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キャノン株式会社  
内

【氏名】 高橋 和弘

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キャノン株式会社  
内

【氏名】 永井 善之

【特許出願人】

【識別番号】 000001007

【氏名又は名称】 キャノン株式会社

【代理人】

【識別番号】 100086287

【弁理士】

【氏名又は名称】 伊東 哲也

【選任した代理人】

【識別番号】 100103931

【弁理士】

【氏名又は名称】 関口 鶴彦

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 002048

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 露光装置及びそれを用いたデバイスの製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 転写パターンが形成された原版を、光源から発した露光光により照明する照明光学系と、前記光源と前記原版の間に置かれ前記露光光の一部を受光する第 1 の受光手段と、前記原版のパターンを縮小投影する投影光学系とを有し、前記転写パターンを感光基板上に露光転写する露光装置において、前記照明光学系及び前記投影光学系のうちの少なくとも一部の光学素子に入射する前記露光光の量から、前記照明光学系及び前記投影光学系のうちの少なくとも一部の透過率変化を予測する透過率変化予測手段を有し、前記透過率変化予測手段の予測結果に基づいて、前記第 1 の受光手段の出力と前記光源の発光光量との比例係数を補正することを特徴とする露光装置。

【請求項 2】 転写パターンが形成された原版を、光源から発した露光光により照明する照明光学系と、前記光源と前記原版の間に置かれ前記露光光の一部を受光する第 1 の受光手段と、前記原版のパターンを縮小投影する投影光学系とを有し、前記転写パターンを感光基板上に露光転写する露光装置において、前記照明光学系及び前記投影光学系のうちの少なくとも一部の光学素子に入射する前記露光光の量から、前記照明光学系及び前記投影光学系のうちの少なくとも一部の透過率変化を予測する透過率変化予測手段を有し、前記透過率変化予測手段の予測結果に基づいて、前記第 1 の受光手段の出力と前記光源の発光光量との比例係数を補正するとともに、前記感光基板面上の照度に対する前記第 1 の受光手段の感度を補正することを特徴とする露光装置。

【請求項 3】 前記原版を保持し、光軸と交差する方向に移動可能な原版ステージと、前記原版を載置した状態で前記転写パターン以外の箇所にて前記露光光が透過する透過部と、前記感光基板近傍にあって前記透過部を透過した前記露光光を受光する第 2 の受光手段とを有することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の露光装置。

【請求項 4】 前記透過率変化予測手段は、前記第 1 の受光手段の出力、照明範囲及び前記原版の透過率情報のうち、少なくとも 1 つの情報から透過率変化

を予測することを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の露光装置。

【請求項 5】 前記光源は K r F エキシマレーザ、A r F エキシマレーザ及び F<sub>2</sub> レーザのうちから選定されることを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれかに記載の露光装置。

【請求項 6】 請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載の露光装置を用いてデバイスを製造することを特徴とするデバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、I C や L S I 等の半導体デバイスを製造する工程のうち、フォトリソグラフィ工程に使用される露光装置等に関するものである。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

I C や L S I 等の半導体デバイスをフォトリソグラフィ技術を用いて製造する際に、原版としてのレチクル（マスク）のパターンを直接に、または所定の割合で縮小投影して、半導体ウエハ（感光基板）に塗布された感光材に露光する露光装置が使用されている。一般に、ウエハに塗布された感光材には適正露光量が定められており、従来の露光装置では照明光学系の中にハーフミラーを配置し、このハーフミラーによって分岐した露光光の光量を受光素子（第 1 の受光手段）によりモニタし、その結果に応じて前述の適正露光量になるよう露光量制御を行っている。

【 0 0 0 3 】

近年の半導体デバイスの微細化に伴って、遠紫外領域の光を発するエキシマレーザが露光装置の光源として用いられてきている。しかしながら、露光光としてエキシマレーザ光を使用した場合、照明光学系、ハーフミラーなどの光学部品の硝材及びコーティング膜の光学特性が次第に変化することが分かった。これはエキシマレーザ光の照射により、光学部品の硝材及びコーティング膜の透過率や屈折率などが変化することによるものと考えられる。したがって、ハーフミラーによって分岐されたエキシマレーザ光の光量と、ウエハ上に達するエキシマレーザ

光の光量との比も変化することになり、この比が一定のものと仮定して露光量制御を行うと、実際の露光量と適正露光量との差が所定の許容値を超えることがある。

#### 【 0 0 0 4 】

また、通常光源であるエキシマレーザの発光光量は、露光装置からパルス毎のエネルギーに相当する電圧を制御することで露光量制御を行っているが、照明光学系の透過率が変化していくと、モニタしているエキシマレーザ光の光量から決定されるレーザの電圧値との関係が変化してくる。透過率が低下すると、指令値に対して透過率分低下した露光量しか得られず、精度よく露光量制御を行うためには前のパルスのウエハ上に到達する光量が設定値より小さい場合は、次のパルスエネルギーを大きくする必要がある、それに応じて高い印加電圧が必要になる。この電圧が、許容電圧範囲からはずれると所望の光量が得られなくなり、正確な露光量制御ができなくなる。

#### 【 0 0 0 5 】

このため、ウエハ近傍に受光素子（第2の受光手段）と、マスクを載置した状態で前記転写パターン以外の箇所に前記露光光が透過する透過部とを配置し、前述の照明光学系内の光量をモニタする第1の受光手段における出力と、マスクが露光領域中から離れており、ウエハ上への露光を中止しているときに露光光を前記の透過部を透過させ、第2の受光手段に入射させて得られた出力との比をとり、この比を用いて露光中の第1の受光手段の感度を補正し、適正光量で露光を行う露光方法が知られている。このとき同時に、光源の発光光量に依存する光源に印加する指令電圧と、第1の受光手段の出力の関係も補正することができる。

#### 【 0 0 0 6 】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、特に波長が200nm以下の真空紫外域では硝材の透過率が照射時間と共に変化し、その変化量は1cm当たり0.1～0.3%であり、照射が終了すると徐々に緩和されていく。更に、その時定数は数十秒と非常に長い。また、この透過率変化量は光源であるレーザのパルスエネルギーや発振周波数、発振デューティ（バースト発振ON時間／発振休止時間の比率）、露光時間、マス

クの透過率や照明範囲などの単位時間に光学部品に入射する光量によって変化する。特に露光を開始した直後では透過率の変化率が著しい。そのため上述の第1の受光手段と感光基板面までの間の硝材の透過率の変化は露光量制御精度の観点から多大な問題がある。特に最近ではウエハが大口径化してきたため、ウエハ交換間隔が大きくなってきている。そのためウエハ交換時毎に上述の第1の受光手段と第2の受光手段及び光源の電圧との関係を補正していたのでは、適正な露光量制御精度を維持することが難しくなる。また、頻繁にこの補正を行うことによって、スループットが低下してしまう。

#### 【0007】

本発明は、スループットの低下を最小限に食い止め、適正な露光量制御精度を保つことのできる露光装置及び露光方法を提供することを目的とする。

#### 【0008】

##### 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明は、転写パターンが形成された原版を、光源から発した露光光により照明する照明光学系と、前記光源と前記原版の間に置かれ前記露光光の一部を受光する第1の受光手段と、前記原版のパターンを縮小投影する投影光学系とを有し、前記転写パターンを感光基板上に露光転写する露光装置において、前記照明光学系及び前記投影光学系のうちの少なくとも一部の光学素子に入射する前記露光光の量から、前記照明光学系及び前記投影光学系のうちの少なくとも一部の透過率変化を予測する透過率変化予測手段を有し、前記透過率変化予測手段の予測結果に基づいて、前記第1の受光手段の出力と前記光源の発光光量との比例係数を補正することを特徴とする。また前記第1の受光手段の出力と前記光源の発光光量との比例係数を補正するとともに、前記感光基板上の照度に対する前記第1の受光手段の感度を補正することを特徴とする。

#### 【0009】

##### 【発明の実施の形態】

本発明の実施の形態に係る露光装置は、予め、光源のパルスエネルギーや発振周波数、発振デューティ、照明光学系内のNDフィルタの透過率、マスク透過率、照明範囲などの変化による照明光学系や投影光学系の透過率の変化率を実験的に

求めてこれを制御パラメータとして持ち、実際の露光の際には上述の制御パラメータの値から透過率の変化量を予測し、その予測結果に基づいて、上述の第1の受光手段の出力と前記光源の光量との比例係数を補正するとともに、前記感光基板面上の照度に対する前記第1の受光手段の出力の感度を補正することが可能である。

#### 【0010】

また、本発明は、前記原版を保持し、光軸と交差する方向に移動可能な原版ステージと、前記原版を載置した状態で前記転写パターン以外の箇所にて前記露光光が透過する透過部と、感光基板近傍にあって前記透過部を透過した前記露光光を受光する第2の受光手段とを有することが望ましい。また、前記透過率変化予測手段は、前記第1の受光手段の出力、照明範囲及び前記原版の透過率情報のうち、少なくとも1つの情報から透過率変化を予測することが好ましく、前記光源はKrFエキシマレーザ、ArFエキシマレーザ及びF<sub>2</sub>レーザのうちから選定されることが好ましい。

#### 【0011】

#### 【実施例】

本発明の実施例について、原版がレチクルである走査型の投影露光装置を例として、図面を参照しながら詳細に説明する。図1は本発明の一実施例に係る走査型の投影露光装置を示す概略図である。この走査型の投影露光装置は、IC、LSI等の半導体デバイス、液晶デバイス、CCD等の撮像デバイス、磁気ヘッド等のデバイスを製造する際に用いられ、ビーム整形光学系2、オブティカルインテグレータ3、コンデンサレンズ4、ハーフミラー5、マスキングブレード6、結像レンズ7、ミラー8及び第1の受光手段である光量検出器12等を備え、これらにより、原版であるレチクルRを光源1から発した露光光で照明する照明光学系100が構成されている。また、この露光装置は、原版ステージとしてのレチクルステージ9、投影光学系10、ウエハステージ11、第2の受光手段である照射光量モニタ13等を有している。

#### 【0012】

図1において、エキシマレーザなどの光源1からの光束は、透過率調整用の所

定の透過率を有するNDフィルタ20を透過した後、ビーム整形光学系2によって所望の形状のビームに整形され、ハエノ目レンズ等のオプティカルインテグレータ3の光入射面に指向される。ハエノ目レンズは複数の微小レンズの集合からなるものであり、その光射出面近傍に複数の2次光源が形成される。21は2次光源の大きさや形状を決定する開口絞りであり、照明範囲の大きさを示す代表値( $\sigma$ 値)を変更する場合や斜入射照明を行う場合は、この開口絞り21を交換する。

#### 【0013】

コンデンサレンズ4は、オプティカルインテグレータ3の2次光源からの光束でマスキングブレード6をケーラ照明している。マスキングブレード6と原版であるレチクルRは結像レンズ7とミラー8によって共役な関係に配置されており、マスキングブレード6の開口の形状を定めることによってレチクルRにおける照明領域の形状と寸法が規定される。転写パターンが形成されているレチクルRはレチクルステージ9に吸着され、レチクルステージ9とレチクルRは図1の矢印16の方向に走査される。レチクルステージ9には露光光を透過させる透過部14が設けられている。通常、レチクルRにおける照明領域は、図1の矢印16で示す走査方向に短手方向を設定した長方形のスリット状である。

#### 【0014】

投影光学系10は、レチクルRに描かれた転写パターンを、感光材が塗布された感光基板としてのウエハWに縮小投影する。ウエハWが置かれたウエハステージ11は、図1の矢印17の方向に走査され、かつ紙面に垂直な方向に移動することで、ウエハWの各露光領域に対してレチクルRの転写パターンの像を形成する。101は不図示の駆動機構によって、レチクルステージ9とウエハステージ11とを投影光学系10の投影倍率と同じ比率で、正確に、一定速度にて走査させるための走査制御系である。

#### 【0015】

光量検出器12は、光量をモニタするためのものであり、コンデンサレンズ4からの照明光束の一部をハーフミラー5によって分割し、分割された光束をモニタすることにより間接的にウエハWに供給される露光量をモニタしている。ウエ

ハステージ 1 1 上のウエハ W の近傍には、受光面の高さがウエハ W とほぼ同じ高さになる様に調整されたウエハ W 相当面上の光量を検出する照射光量モニタ 1 3 が置かれる。

【 0 0 1 6 】

また、光量検出器 1 2 は、コンデンサレンズ 4 とハーフミラー 5 によってマスキングブレード 6 と共役な関係となるよう配置され、ウエハ W の露光面、すなわち照射光量モニタ 1 3 の受光面とも共役な関係になっている。1 0 2 は光量検出器 1 2 からの信号を処理して、光源 1 の出力エネルギーを適正な光量となるよう決定する光量演算器であり、光源制御系 1 0 3 は光量演算器 1 0 2 からの指令に応じて光源 1 に対する印加電圧を決定し、光源 1 の出力エネルギーを制御する。

【 0 0 1 7 】

そして、本実施例に係る露光装置では、透過率変化予測手段を構成する主制御系 1 0 4 が設けられている。この主制御系 1 0 4 は、光源制御系 1 0 3 からレーザの発振条件である電圧やパルスエネルギーや発振周波数や発振デューティ（バースト発振 ON 時間／発振休止時間の比率）、更に ND フィルタ 2 0 の透過率、レチクル R の透過率、マスキングブレード 6 による照明範囲などのパラメータから、照明光学系 1 0 0 内の光学系の透過率変化と投影光学系 1 0 の透過率変化とを予測する。

【 0 0 1 8 】

その予測結果から、主制御系 1 0 4 は、光量検出器 1 2 と照射光量モニタ 1 3 の出力比の変化、及び光量検出器 1 2 の出力と光源制御系 1 0 3 で決定される光源 1 に対する印加電圧との関係の変化、を予測し、光量検出器 1 2 と照射光量モニタ 1 3 の感度補正、及び光源 1 に対する印加電圧と光量検出器 1 2 の出力との関係の補正を、露光動作が実行されている間中、常時行っている。

【 0 0 1 9 】

図 2 は光量検出器 1 2 と照射光量モニタ 1 3 の出力比の測定を行う際のレチクルステージ 9、透過部 1 4 及び照射光量モニタ 1 3 の位置関係の一例を示した装置全体図である。主制御系 1 0 4 から光量検出器 1 2 と照射光量モニタ 1 3 の感度補正を行う為の命令が出されると、レチクルステージ 9 は、透過部 1 4 が投影

光学系 10 の光軸上に位置するよう、不図示の駆動機構によって矢印 18 の方向に駆動され、ウェハステージ 11 は照射光量モニタ 13 が光軸上に位置するよう同じく不図示の駆動機構によって駆動される。

#### 【 0 0 2 0 】

図 3 は、図 2 に示した位置にレチクルステージ 9 を移動させて、光量検出器 12 と照射光量モニタ 13 の出力比の測定を行う際の、照射光量モニタ 13 の受光面と、レチクルステージ 9 の透過部 14 の投影光学系 10 による投影像の関係を示した図である。図中、実線で示した範囲が、照明光学系 100、及び投影光学系 10 によって照明される露光可能範囲（照明領域）25 であり、破線で示した範囲が透過部 14 の透過範囲 26、ハッチングを施した範囲が照射光量モニタ 13 の受光範囲 27 である。走査型露光装置においては、この露光可能範囲 25 は、通常、矢印 19 で示した方向に短手方向を有する長方形、あるいは円弧のスリット形状である。

#### 【 0 0 2 1 】

照射光量モニタ 13 の受光面の受光範囲 27 は、走査方向に関しては露光可能範囲 25 よりも長く、走査方向と直交する方向に関しては露光可能範囲 25 よりも十分に短い形状であることが望ましい。走査露光でウェハ W 面における露光量の均一性を維持するためには、走査方向に積算した光量が、走査方向と直交する長手方向に一定であればよい。したがって、照射光量モニタ 13 を長手方向の複数の位置に移動させながら各位置での光量を測定することによって、スリットの長手方向の単位長さあたりの走査方向に関する積算照度 ( $\text{mW}/\text{cm}$ ) が分かり、長手方向に関する照度分布の測定ができる。

#### 【 0 0 2 2 】

この状態で、光源制御系 103 からの指令により所定の印加電圧  $V_0$  で光源 1 を発光させて、光量検出器 12 と照射光量モニタ 13 に入射する光量を計測する。ここで光量検出器 12 で得られる信号を  $S_0$ 、照射光量モニタ 13 で得られる信号を  $S_1$  とする。各々の信号  $S_0$  と  $S_1$  は、印加電圧  $V_0$  で光源 1 を発光させた場合のウェハ W に相当する面上における単位時間内の、あるいは 1 パルス当たりの光量、または所定パルス毎の積算された光量に対応する値である。初期設定

時（装置の立ち上げ時や定期的なメンテナンス時）には、ウエハステージ 11 上に絶対照度計を取り付けて光量の測定を行い、 $(g S 0)_{ini} = (f S 1)_{ini} = E$  となるよう感度調整（ゲイン調整）を行う。ここで、 $E$  は絶対照度計で計測されたウエハ  $W$  上の光量であり、 $g$ 、 $f$  はそれぞれ出力信号  $S 0$ 、 $S 1$  を光量に変換するゲインである。

#### 【0023】

また、初期設定時には光源 1 の印加電圧  $V$  に対する光量検出器 12 で計測される信号  $S$  との関係を取り、 $h = V / S$  なる光量演算器 102 の指令に対する電圧値の係数  $h$  の初期値が決定される。

#### 【0024】

照明光学系 100 内の光学系と投影光学系 10 の透過率変化がない場合には、 $g S 0$  と実際のウエハ面上の光量は等しいが、透過率変化が生じると  $g S 0$  と実際のウエハ面上の光量とが異なってくる。そこで、主制御系 104 は単位時間に光学部材に入射する露光光の照射量（光エネルギー）から、照明光学系 100 内の光学系と投影光学系 10 の透過率変化を予測し、露光量設定誤差を補正するために、補正係数  $\alpha$  を計算し、 $g = g_{ini} \times \alpha$  となるようにゲインの補正を行う。ここで、 $g_{ini}$  は露光光が照射されていない初期状態での光量検出器 12 のゲインである。この補正により光量検出器 12 の出力からウエハ  $W$  上の光量が正確に予測でき、適正な露光量での露光が可能になる。

#### 【0025】

同時に、適正な露光を行うためには光源制御系 103 において、光源 1 に対して適正な印加電圧を指示してパルスエネルギーを設定する必要がある。照明光学系 100 内の透過率変化が無い場合は、光量検出器 12 の目標となる出力  $S$  が得られるように、電圧  $V = h \times S$  が光源制御系 103 において計算され、光源 1 に指示されるが、照明光学系 100 の透過率が変化した場合、光源 1 から光量検出器 12 までの透過率変化に応じた係数  $h'$  が求められ、光源 1 に指示される電圧は  $V = h' \times S$  によって設定される。ここで、係数  $h'$  は、補正係数  $\beta$  として  $h' = h \times \beta$  で計算される。

#### 【0026】

次に、各パラメータに対する補正係数 $\alpha$ 及び $\beta$ の求め方について説明する。図4は主制御系104が、照明光学系100内の光学系と投影光学系10の透過率変化を予測するために、照射量に関連するパラメータと透過率変化の関係を測定する手順を説明したフローチャートである。ステップ1-1において主制御部104は光源1の発振条件（パルスエネルギーや発振周波数、発振デューティ）を光源制御系103に指示し、所望のNDフィルタ20を選択し、所望の透過率を有するレチクルRをレチクルステージ9上に配置する。もちろん、レチクルRを使用しなくてもレチクルRの透過率以外のパラメータに関する測定であれば可能である。ここで、図2に示す位置にレチクルステージ9を移動させ（ステップ1-2）、光源制御系103からの指示により所定の印加電圧V1で光源1を発光させて、初期の光量検出器12と照射光量モニタ13の出力比を測定する（ステップ1-3）。次に、ステップ1-4でレチクルステージ9を図1の位置に移動させ、ステップ1-5で所望の単位時間だけ設定された発振条件で照射を行う。あらかじめ決められた時間の照射を行った後、所定回数の照射終了（ステップ1-6）までは、ステップ1-2へ戻すため速やかにレチクルステージ9を図2の位置に移動させ、ステップ1-3で所定の印加電圧V1で光源1を発光させて、光量検出器12と照射光量モニタ13の出力比を測定し、その後再びステップ1-4でレチクルステージ9を図1の位置に移動させ、ステップ1-5で所望の単位時間だけ設定された発振条件で照射を行う。この動作を決められた回数だけ繰り返し、露光時間に対する光量検出器12と照射光量モニタ13の出力比の変化を記憶する。

#### 【0027】

所定回数の照射終了（ステップ1-6）の後、レチクルステージ9を図2の位置に移動させた状態（ステップ1-7）で、印加電圧V1で定期的に光源1を発光させて、照射後の光量検出器12と照射光量モニタ13の出力比変化を測定し（ステップ1-8）、ステップ1-9で放置し、ステップ1-10で所定時間経過したら、ステップ1-11で照明光学系100内の光学系の透過率変化と投影光学系10の放置時の透過率変化を測定する。所定回数の測定終了（ステップ1-12）により、一連の測定が終る。

## 【 0 0 2 8 】

次に、光源 1 のパルスエネルギーまたは発振周波数または照明光学系 1 0 0 内の ND フィルタ 2 0 の透過率を変更するか、透過率の異なるレチクル R に変更する等の方法によって、単位時間に照明光学系 1 0 0 内の光学系と投影光学系 1 0 に入射する光量を変更した条件で、図 4 に示した方法で光量検出器 1 2 と照射光量モニタ 1 3 の出力比の変化を測定する。

## 【 0 0 2 9 】

この測定を繰り返し行った結果を図 5 に示す。図 5 の例は、パラメータとして ND フィルタ 2 0 の透過率を  $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_3$  の 3 種類に変更させて図 4 に示した手順で測定を行った結果であり、縦軸が照射光量モニタ 1 3 と光量検出器 1 2 との出力比、横軸が経過時間であって、横軸で A の範囲は照射中であり、B の範囲は放置状態である。この結果から、ND フィルタ 2 0 の透過率をパラメータとした場合に、各 ND フィルタ 2 0 の透過率に対する光量検出器 1 2 の出力  $S_0$  の関係と、光量検出器 1 2 と照射光量モニタ 1 3 の出力比変化の係数  $k_1$  と時定数  $\tau_1$  が計算される。この係数と時定数、単位時間内の光量検出器 1 2 の出力  $S_0$ 、時間  $t$  から、光量検出器 1 2 のゲインの補正係数  $\alpha$  は、 $\alpha = f(k_1, S_0, \tau_1, t, \alpha')$  で計算される。時間  $t$  は前の補正係数を計算した時点からの経過時間である。 $f$  は、図 4 に示す測定手順により得られ図 5 に示した測定結果から決定される補正係数  $\alpha$  を計算するための関数である。 $\alpha'$  は新しい補正係数  $\alpha$  を計算する時点での補正係数の値である。関数  $f$  は 1 例として照射時には  $\alpha = k_1 \times S_0 + (\alpha' - k_1 \times S_0) \times \exp(-t/\tau_1)$  であり、放置時には  $\alpha = \alpha' \times \exp(-t/\tau_1)$  を使用する。光源 1 の印加電圧と光量検出器 1 2 の関係を補正する補正係数  $\beta$  に関しても、光源 1 の印加電圧と光量検出器 1 2 の出力比の変化から、補正係数  $\alpha$  と同様な関数系で表すことができる。この一連の測定は、頻繁に実行する必要はないため、例えば、装置の立ち上げ時や定期的なメンテナンス時等に行えば良い。

## 【 0 0 3 0 】

図 4 及び図 5 で示した例では、照明光学系 1 0 0 内の ND フィルタ 2 0 の透過率に対する係数  $k_1$  を計算する方法を示したが、光源 1 のパルスエネルギーや発振

周波数、発振デューティ（バースト発振ON時間／発振休止時間の比率）をパラメータとした場合も、照明光学系100内の光学系の透過率変化と投影光学系10に単位時間に照射されるエネルギーは、光量検出器12でモニタできるため、光量検出器12の出力 $S_0$ に対して求められた係数 $k_1$ と時定数 $\tau_1$ が使用できる。もちろん、それぞれのパラメータを独立に変化させながら光量検出器12と照射光量モニタ13の出力比変化の測定を行い、個々に係数と時定数を算出することも可能である。

#### 【0031】

実際の露光動作においては、レチクルRの照明範囲とレチクルRの透過率は、デバイスの種類やレイヤ等毎に変化するが、この情報は光量検出器12ではモニタできない。従って、光量検出器12よりもウエハW側で、単位時間内に光学部材に入射する露光量に影響のある項目に関しては、別途図4及び図5に示した方法で個々に係数を算出しておく必要がある。図1に示した露光装置の例では、マスキングブレード6によるレチクルRの照明範囲とレチクルRの透過率がこれに相当するため、照明範囲Aに対する光量検出器12の照射光量モニタ13に対する出力比変化の係数を $k_2$ 、時定数を $\tau_2$ 、同様にレチクルRの透過率 $R_T$ に対する出力比変化の係数を $k_3$ 、時定数を $\tau_3$ とし、これらをそれぞれ個別に求め、光量検出器12のゲインの補正係数 $\alpha$ は、 $\alpha = f(S_0, A, R_T, k_1, k_2, k_3, \tau_1, \tau_2, \tau_3, t, \alpha')$ を使用して計算される。補正係数 $\beta$ も同様に計算されるが、マスキングブレード6によるレチクルRの照明範囲とレチクルRの透過率には影響を受けないので、この2つのパラメータは含まれない。

#### 【0032】

図1及び図2には、補正係数 $\alpha$ 、 $\beta$ を算出する際に、光量検出器12と照射光量モニタ13の出力比を測定するために、レチクルステージ9上の透過部14を光軸上に移動していたが、この透過部14は必ずしも必要ではない。透過部14が存在しない露光装置においては、レチクルRを保持しない状態であれば、レチクルステージ9のレチクルRが置かれる部分を使用することで照射光量モニタ13による光量測定が可能であり、また、レチクルRの透過率をパラメータとして投影光学系10の透過率変化を測定する場合も、レチクルR自身に照射光量モニタ

タ 1 3 で計測可能な透過部を有するものであれば、その部分を使用して測定可能である。

### 【 0 0 3 3 】

次に、図 1 及び図 2 に示した走査型の投影露光装置の光量の設定と感度の補正について説明する。

まず、露光を行うためのジョブをロードする。この時、投影光学系 1 0 の N A、照明条件（ $\sigma$  値や変形照明）、マスキングブレード 6 の範囲などの条件もロードされる。ロードされた照明条件に基づいて照明光学系 1 0 0 の開口絞り 2 1 の大きさや形状を選択し、マスキングブレード 6 は所定の範囲を遮光するように駆動される。この時、主制御系 1 0 4 は、直前の露光終了時の補正係数  $\alpha$ 、 $\beta$  の値と露光終了時からの経過時間から、その時点での光量検出器 1 2 のゲインの補正係数  $\alpha$  と、光源 1 の印加電圧と光量検出器 1 2 の関係を補正する補正係数  $\beta$  を計算する。次に、設定露光量を  $E_w$  ( $\text{mJ}/\text{cm}^2$ )、ステージの走査速度を  $V$  ( $\text{cm}/\text{sec}$ )、ウエハ W 上のスリット幅を  $d$  ( $\text{cm}$ ) とすると、光量検出器 1 2 の単位時間当たりの目標出力  $S_0$  は、

$$S_0 = (E_w \times d / V) / E \times S_{0ini} / \alpha \quad (1)$$

となる。光量演算器 1 0 2 では、目標出力  $S_0$  を得るために光源 1 のパルスエネルギーや発振周波数等の発振条件を決定し、照明光学系 1 0 0 内の N D フィルタ 2 0 の透過率を決定する。光量制御系 1 0 3 は光量演算器 1 0 2 の指令に基づいて、所望のパルスエネルギーを得るために、光源 1 の印加電圧  $V$  を

$$V = h \times \beta \times S_0 \quad (2)$$

とし、所定の発振周波数で発光させる。

### 【 0 0 3 4 】

実際の露光においては、光源 1 のパルスエネルギーは所定のエネルギーばらつきがあるため、適正な露光量を達成するためのパルス毎に微妙に目標値  $S_0$  を変更し、それに伴って (2) 式によって光源 1 に対する指令電圧も変更される。

### 【 0 0 3 5 】

この条件に従って、順次ウエハ W 面上にレチクル R のパターンが転写されていくが、主制御系 1 0 4 は決められたタイミング毎に、光量検出器 1 2 の計測結果

等から、 $\alpha = f(S0, A, RT, k1, k2, k3, \tau1, \tau2, \tau3, t, \alpha')$  の計算式によって、常時最新のゲインの補正係数  $\alpha$  を計算している。同様に補正係数  $\beta$  の計算も行われる。この時、光源 1 の発振条件や ND フィルタ 20 の透過率は、主制御系 104 で計算された最新の補正係数  $\alpha$ 、 $\beta$  を使用して、(1) の式により決定された条件が満足するように設定され露光が行われる。照明光学系 100 や投影光学系 10 の透過率変化がある場合、所定のパルスエネルギーを得るために計算された光源 1 の印加電圧が、露光量制御のための変動範囲を考量した電圧の許容範囲を超える場合がある。このような場合、電圧が適正に設定できる範囲で光源 1 の電圧を求め、この条件でのパルスエネルギーの予測値から、光源 1 の発振周波数や ND フィルタ 20 の透過率が再決定される。

#### 【0036】

本発明の上記実施例によれば、レチクル R を保持し、光軸と直交する方向に移動可能なレチクルステージ 9 と、レチクル R を載置した状態で転写パターン以外の箇所にて露光光が透過する透過部 14 と、ウエハ W 近傍にあって透過部 14 を透過した露光光を受光する照射光量モニタ 13 とを有するので、レチクル R を保持したまま、ウエハ W 面上の照度に対する光量検出器 12 の感度の補正を行うことができ、スループットの低下を回避できる。また、主制御系 104 が、光量検出器 12 の出力、照明範囲及びレチクル R の透過率情報等から透過率変化を予測するので、光学系の透過率の変化に対応して、光量検出器 12 の出力と光源 1 の発光光量との比例係数を補正するとともに、ウエハ W 面上の照度に対する光量検出器 12 の感度の補正を適正に行い、スループットの低下をなくし、適正な露光量制御精度を確実に保つことができるという利点がある。

#### 【0037】

もちろん、本発明は、上記実施例によって限定されず、種々の変形変更が可能である。例えば、スループット低下に影響しない範囲で、照射光量モニタ 13 と光量検出器 12 の出力比の測定から、光量検出器 12 の感度補正を行う方法と、本実施例で示した感度補正を予測する方法を併用することも可能である。この場合、透過部 14 を透過して計測された光量検出器 12 と照射量モニタ 13 の出力比から補正係数  $\alpha$ 、 $\beta$  を計算し、主制御系 104 は計測結果の補正係数  $\alpha$ 、 $\beta$  に

更新して、以降の予測計算を行うようにしても良い。

### 【 0 0 3 8 】

また、本発明の上記実施例では走査型露光装置を例として説明したが、ステップアンドリピート型の投影露光装置（所謂ステッパ）や、コンタクト方式、プロキシミティ方式の露光装置に適用した場合であっても同様の効果が期待できる。また、光源 1 は、K r F エキシマレーザ、A r F エキシマレーザ及び F<sub>2</sub> レーザ等のうちから選定したものであればいずれでもよい。

### 【 0 0 3 9 】

次に図 1 の投影露光装置を利用した半導体デバイスの製造方法の実施例を説明する。

図 6 は半導体デバイス（I C や L S I 等の半導体チップ、液晶パネルや C C D）の製造フローを示す。ステップ 1（回路設計）では半導体デバイスの回路設計を行う。ステップ 2（マスク制作）では設計した回路パターンを形成したマスク（レチクル R）を製作する。一方、ステップ 3（ウエハ製造）ではシリコン等の材料を用いてウエハ（ウエハ W）を製造する。ステップ 4（ウエハプロセス）は前工程と呼ばれ、上記用意したマスクとウエハを用いて、リソグラフィー技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。次のステップ 5（組立て）は後工程と呼ばれ、ステップ 4 によって作成されたウエハを用いてチップ化する工程であり、アセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。ステップ 6（検査）ではステップ 5 で作成された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷（ステップ 7）される。

### 【 0 0 4 0 】

図 7 は上記ウエハプロセスの詳細なフローを示す。ステップ 1 1（酸化）ではウエハ（ウエハ W）の表面を酸化させる。ステップ 1 2（C V D）ではウエハの表面に絶縁膜を形成する。ステップ 1 3（電極形成）ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ 1 4（イオン打込み）ではウエハにイオンを打ち込む。ステップ 1 5（レジスト処理）ではウエハにレジスト（感材）を塗布する。ステップ 1 6（露光）では上記露光装置によってマスク（レチクル R）の回路パ

ターンの像でウエハを露光する。ステップ 1 7（現像）では露光したウエハを現象する。ステップ 1 8（エッチング）では現象したレジスト以外の部分を削り取る。ステップ 1 9（レジスト剥離）ではエッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらステップを繰り返し行うことによりウエハ上に回路パターンが形成される。

#### 【 0 0 4 1 】

本実施例の製造方法を用いれば、従来は難しかった高集積度の半導体デバイスを製造することができる。

#### 【 0 0 4 2 】

##### 【発明の効果】

以上、本発明の露光装置によれば、光学系の透過率変化を予測する透過率変化予測手段の予測結果に基づいて、第 1 の受光手段の出力と光源の発光光量との比例係数を補正する、あるいはこれとともに、感光基板面上の照度に対する該第 1 の受光手段の感度を補正するので、光学系の透過率変化が起こっても装置のスループットを低下させることなく、光量モニタの感度を精度良く補正し、適正な露光量での露光が可能となる。

##### 【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の実施例に係る露光装置を示した概略構成図である。

【図 2】 本発明の実施例に係る露光装置で、感度補正を実施する場合の位置関係を示した概略構成図である。

【図 3】 照射光量モニタの受光範囲と透過部の透過範囲と露光可能範囲の関係を示した図である。

【図 4】 図 1 に示した露光装置によるパラメータと透過率変化の関係を測定する手順を表すフローチャートである。

【図 5】 図 4 のフローチャートに表した手順で測定された出力比変化の結果を示すグラフである。

【図 6】 半導体デバイスの製造工程を示す図である。

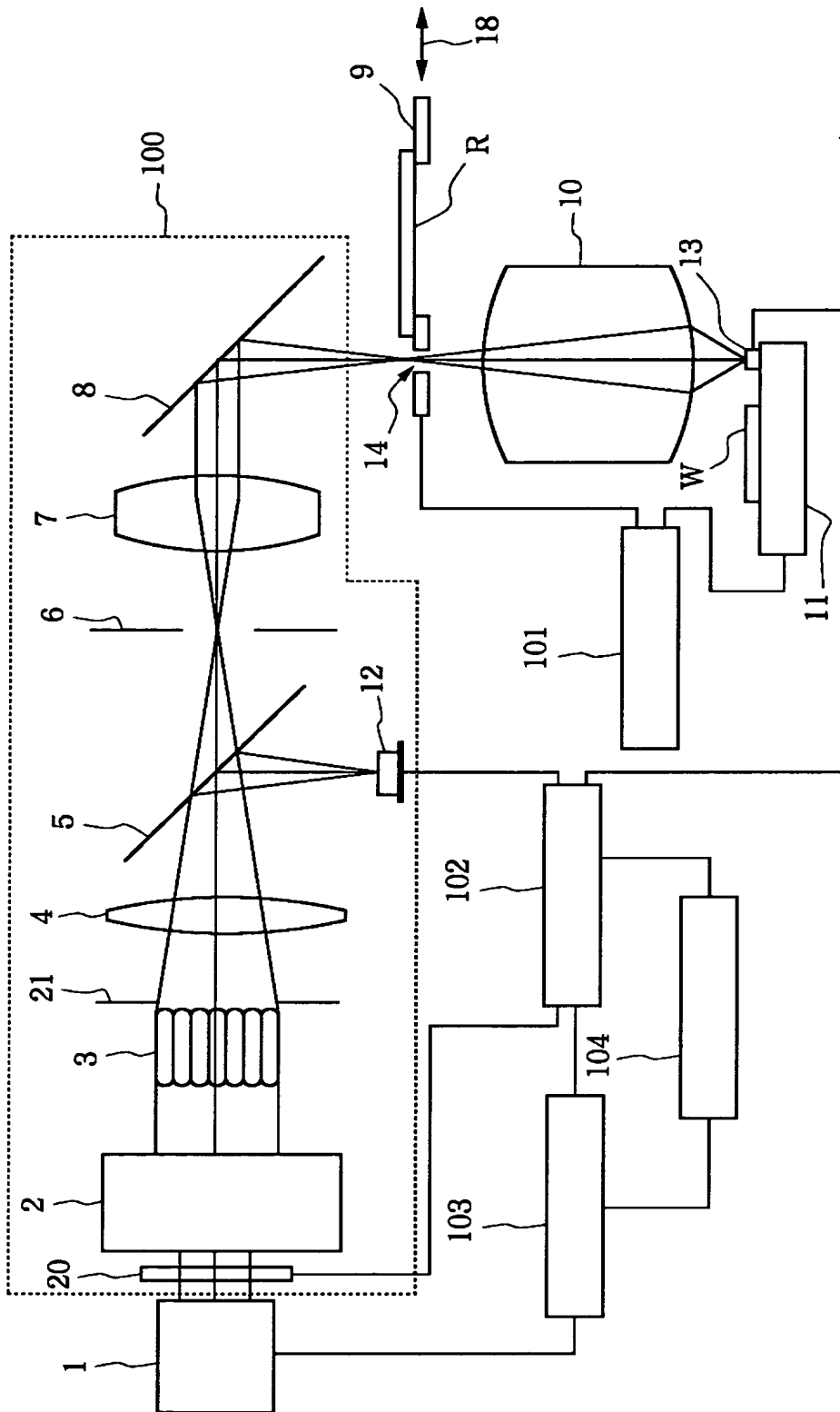
【図 7】 図 6 の工程中のウエハプロセスの詳細を示す図である。

【符号の説明】 1：光源、2：ビーム整形光学系、3：オプティカルイン

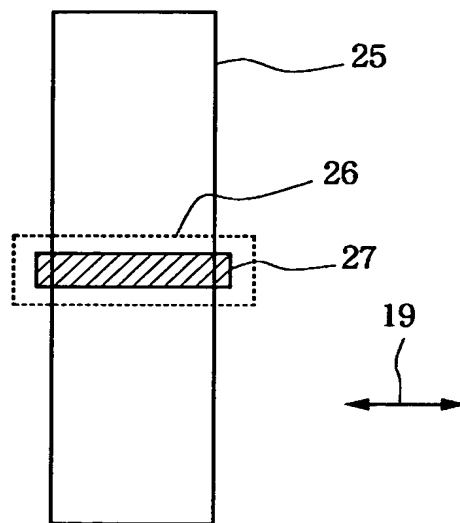
テグレータ、4：コンデンサレンズ、5：ハーフミラー、6：マスキングブレード、7：結象レンズ、8：ミラー、9：レチクルステージ（原版ステージ）、10：投影光学系、11：ウエハステージ、12：光量検出器（第1の受光手段）、13：照射光量モニタ（第2の受光手段）、14：透過部、20：NDフィルタ、21：開口絞り、100：照明光学系、101：走査制御系、102：光量演算器、103：光源制御系、104：主制御系（透過率変化予測手段）、R：レチクル（原版）、W：ウエハ（感光基板）。



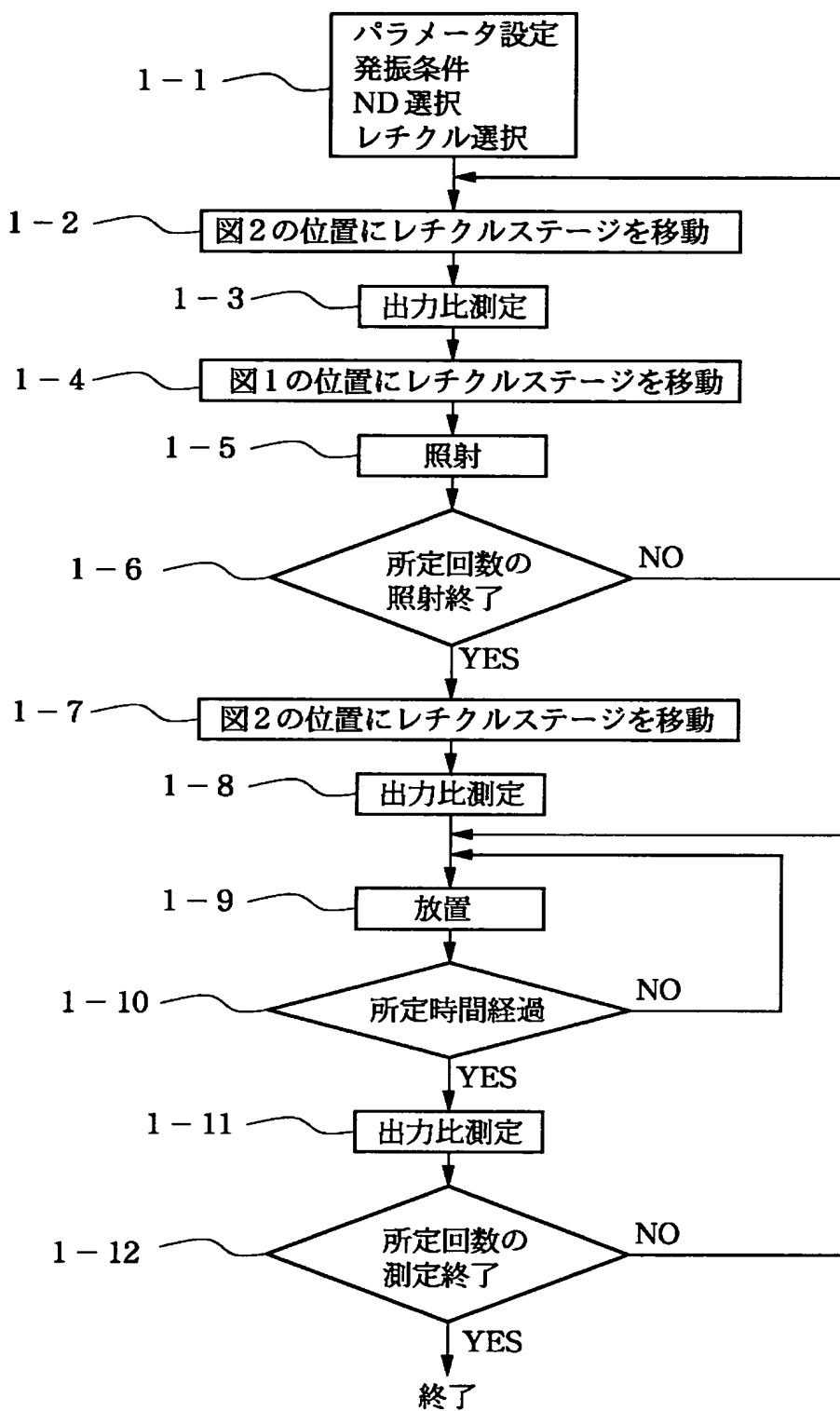
【図 2】



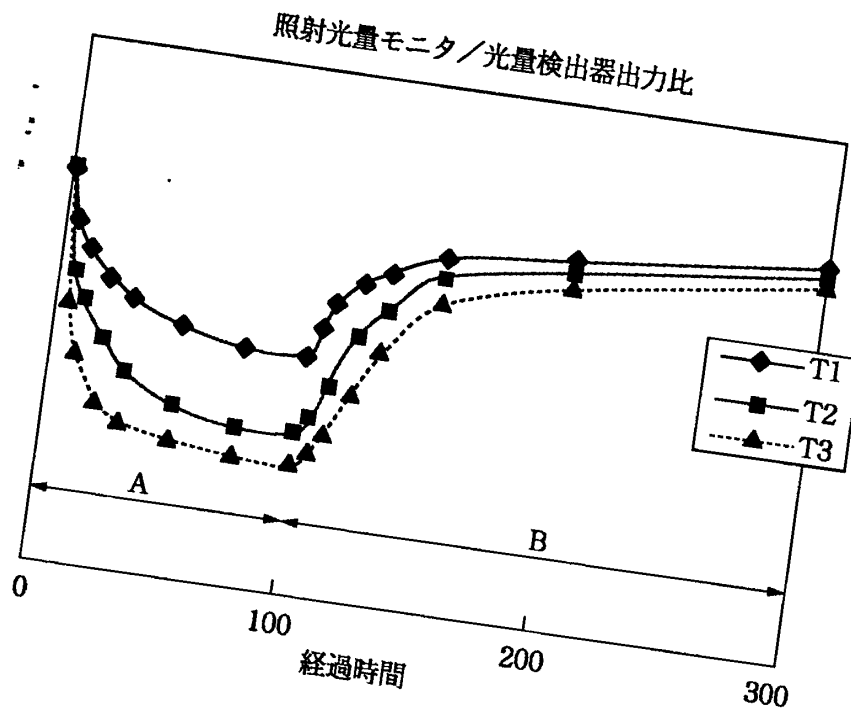
【図 3】



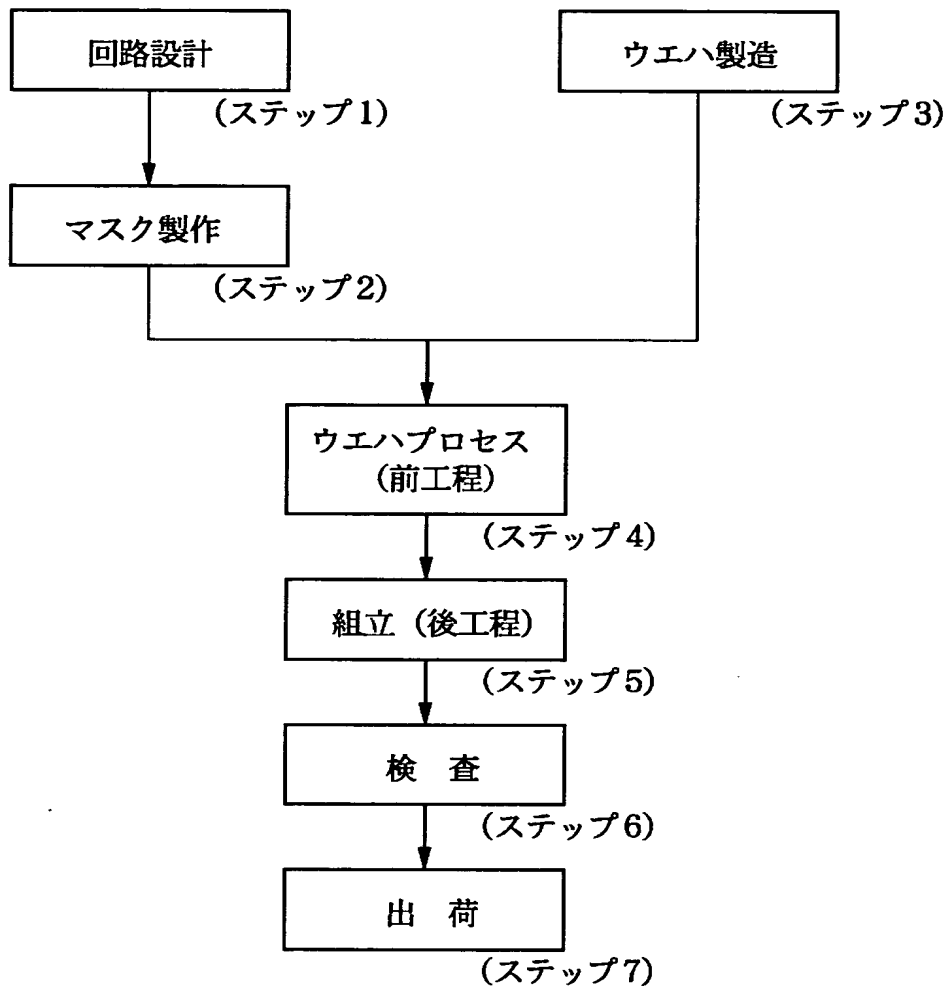
【図 4】



【図5】

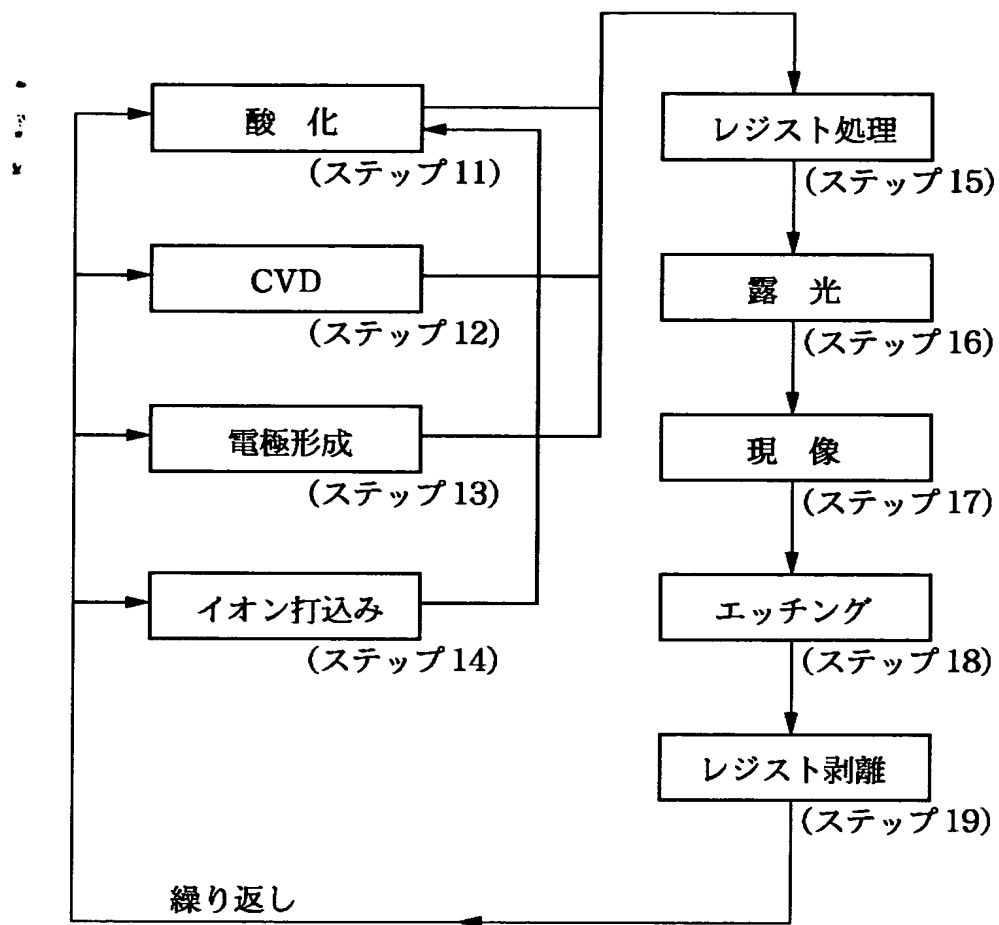


【図 6】



半導体デバイス製造フロー

【図 7】



ウエハプロセス

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 スループットの低下を最小限に食い止め、適正な露光量制御精度を確保する。

・【解決手段】 露光光により、転写パターンが形成されたレチクルRを照明する照明光学系100と、レチクルRのパターンを縮小投影する投影光学系10とを有し、照明光学系100および投影光学系10のうちの少なくとも一部の光学素子に入射する露光光の量から、少なくとも一部の透過率変化を予測する主制御系104を備え、該主制御系104の予測結果に基づいて、光源1とレチクルRの間に置かれ露光光の一部を受光する光量検出器12の出力と光源1の発光光量との比例係数を補正するとともに、ウエハWの受光面上の照度に対する光量検出器12の感度を補正する。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000001007]

1. 変更年月日 1990年 8月30日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都大田区下丸子3丁目30番2号  
氏 名 キヤノン株式会社